

Sistem Stimulasi Dan Analisis Sinyal Eeg Dalam Eksperimen Neuropsikologi Berbasis Video

Lulu Lokahita

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

lululokahitaa@student.telkomuniversity.ac.id

Alfianto Teofilus Bara

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

alfiantobara@student.telkomuniversity.ac.id

M.Nurfadli Alif

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

fadlialif@student.telkomuniversity.ac.id

Indah Amalia Putri

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

indahamaliatr@student.telkomuniversity.ac.id

Inung Wijayanto

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

iwijayanto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Masalah kesehatan mental di kalangan mahasiswa semakin mengkhawatirkan, sebagaimana dibuktikan oleh lonjakan jumlah kasus gangguan kecemasan yang mencapai lebih dari seribu mahasiswa per tahun di lingkungan universitas, yang sebagian besar dipicu oleh tekanan akademik, emosional, dan sosial. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem terpadu yang menggabungkan stimulus visual berupa video dengan perekaman dan analisis sinyal EEG guna mengeksplorasi respons otak terhadap rangsangan emosional. Sistem ini terdiri atas dua komponen utama, yaitu aplikasi EEG Analyzer berbasis Windows yang menampilkan video stimulus dan mencatat data responden, serta sistem klasifikasi sinyal EEG yang menggunakan perangkat Muse dan platform MATLAB untuk memproses sinyal menggunakan filtering Butterworth dan transformasi Fourier (FFT). Eksperimen dilakukan terhadap sepuluh responden dengan bantuan psikolog, yang menghasilkan klasifikasi sinyal dominan berupa gelombang *delta* dan *gamma*. Hasil menunjukkan bahwa 60% responden mengalami aktivitas gelombang *gamma* yang mengindikasikan fokus tinggi, sementara 40% menunjukkan dominasi *delta* yang berkaitan dengan relaksasi. Evaluasi *usability* aplikasi melalui kuisisioner juga menunjukkan tingkat kepuasan tinggi dari 30 responden. Sistem ini berpotensi menjadi sarana observasi awal kondisi mental berbasis neuropsikologi yang non-invasif dan adaptif terhadap lingkungan akademik.

Kata kunci— EEG Analyzer, Gelombang Otak, Video stimulus, FFT, EEG, Neuropsikologi

I. PENDAHULUAN

Kesehatan mental memiliki peran krusial dalam kehidupan individu karena berkaitan langsung dengan cara seseorang berpikir, merasakan, dan bertindak dalam menghadapi berbagai situasi kehidupan. Menurut definisi dari *World Health Organization* (WHO), kesehatan mental merupakan kondisi kesejahteraan psikologis yang memungkinkan seseorang mampu mengelola tekanan hidup,

mengenali potensinya, belajar dan bekerja secara produktif, serta berpartisipasi aktif dalam kehidupan bermasyarakat

Dalam konteks perguruan tinggi, mahasiswa kerap dihadapkan pada berbagai tekanan yang dapat berujung pada gangguan kesehatan mental. Data dari *Indonesia National Adolescent Mental Health Survey* (I-NAMHS) mengungkapkan bahwa terdapat jutaan remaja yang telah terdiagnosis mengalami gangguan psikologis, dan sekitar sepertiga dari populasi remaja mengalami satu atau lebih masalah mental dalam kurun waktu satu tahun terakhir.

Situasi serupa juga terjadi di lingkungan Universitas Telkom. Berdasarkan pernyataan dari Ibu Pramitha Aulia, S.Psi., M.Psi., selaku Kepala Bagian Pengembangan Karakter dan Kesejahteraan Mahasiswa, layanan konsultasi psikologis mulai dioperasikan sejak tahun 2020 dengan jumlah awal kasus kecemasan yang tercatat masih sangat rendah. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, terjadi lonjakan signifikan jumlah mahasiswa yang memerlukan layanan tersebut, dengan peningkatan tahunan yang mencerminkan adanya urgensi penanganan yang lebih sistematis dan menyeluruh.

Mayoritas mahasiswa yang mengalami gangguan tersebut berasal dari program studi teknik, di mana tekanan akademik, kondisi keluarga, dan dinamika emosional individu menjadi faktor dominan. Untuk menanggapi tantangan ini, pemanfaatan teknologi seperti elektroensefalogram (EEG) menjadi salah satu pendekatan potensial. Teknologi EEG memungkinkan pengamatan aktivitas otak secara langsung melalui perekaman sinyal saraf, sehingga memberikan wawasan mengenai bagaimana otak merespons berbagai jenis rangsangan, termasuk rangsangan visual seperti video

Studi sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh K. Eroğlu dan rekan, menunjukkan bahwa paparan visual dapat secara nyata memengaruhi pola gelombang otak yang berkaitan erat dengan keadaan emosional dan kondisi mental seseorang. Dengan menggabungkan EEG dan media stimulus berbasis video, peneliti dapat menganalisis secara lebih

mendalam bagaimana otak bereaksi terhadap berbagai jenis rangsangan emosional dalam konteks eksperimental berbasis neuropsikologi

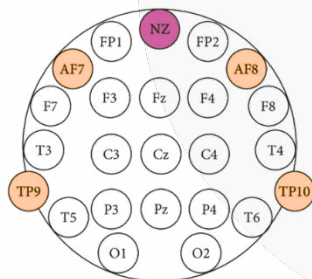
II. KAJIAN TEORI

A. Kesehatan Mental

Kesehatan mental merupakan kondisi psikologis yang mencerminkan kemampuan seseorang dalam beradaptasi secara efektif terhadap tekanan internal maupun eksternal. Aspek ini mencakup perkembangan emosional, kognitif, dan fisik yang harmonis, serta kemampuan untuk mengambil tanggung jawab, mematuhi norma sosial, dan mempertahankan perilaku sesuai dengan aturan yang berlaku. Secara etimologis, istilah “kesehatan mental” berasal dari bahasa Latin: *mens* yang berarti jiwa atau semangat, dan *hygiene* yang berarti ilmu tentang kebersihan atau kesehatan. Pada kalangan remaja berusia 15 hingga 24 tahun, gangguan depresi menjadi salah satu masalah yang cukup signifikan, dengan prevalensi yang cukup tinggi. Bahkan sebagian besar kasus bunuh diri di Indonesia, sekitar 80–90%, dikaitkan dengan kondisi depresi dan kecemasan, dengan jumlah kejadian yang mencapai ribuan setiap tahunnya.

B. Elektroensefalogram (EEG)

Elektroensefalogram atau EEG merupakan teknik untuk merekam aktivitas listrik otak melalui serangkaian elektroda yang dipasang di permukaan kulit kepala. Metode ini banyak digunakan dalam praktik klinis dan riset untuk mempelajari fungsi otak serta mendiagnosis gangguan neurologis. EEG juga digunakan di bidang non-medis, seperti dalam riset neuropsikologi, untuk memantau tingkat kesadaran, emosi, atau deteksi gangguan seperti epilepsi dan stroke. Sinyal yang direkam berasal dari aktivitas neuron, yang ditangkap oleh sensor EEG, umumnya terdiri dari 10 hingga 20 titik elektroda standar. Dalam eksperimen ini, digunakan empat elektroda utama, yakni AF7, AF8, TP9, dan TP10 untuk memperoleh sinyal dari lokasi strategis di permukaan otak.

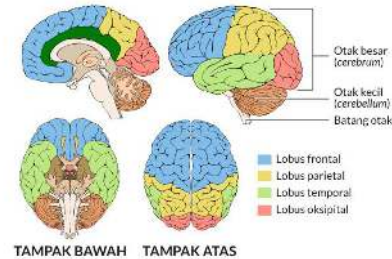


GAMBAR 1
(Posisi Elektroda EEG)

C. Otak Manusia

Otak merupakan pusat kendali dari seluruh sistem saraf manusia. Fungsinya mencakup pengendalian gerakan sadar, pengolahan informasi sensorik, serta pengaturan aktivitas tubuh yang berlangsung tanpa kesadaran. Bagian terbesar dari otak, yaitu serebrum, memiliki permukaan dengan lipatan-lipatan kompleks yang terdiri dari sulkus, fisura, dan girus. Di belakang dan bagian bawah tengkorak terletak serebelum, yang memiliki struktur menyerupai serebrum namun berfungsi dalam koordinasi motorik. Fungsi otak didistribusikan ke dalam empat lobus utama:

- Lobus frontal: mengatur fungsi seperti bicara, gerakan, dan kepribadian.
- Lobus parietal: memproses sensasi dari tubuh.
- Lobus temporal: bertanggung jawab atas pendengaran dan memori.
- Lobus oksipital: berperan dalam pengolahan informasi visual.



GAMBAR 2
(Visualisasi Otak Manusia)

D. Frekuensi Sinyal

Gelombang otak diklasifikasikan berdasarkan rentang frekuensinya menjadi beberapa jenis berikut:

- Gelombang *Delta* memiliki frekuensi antara 0,5 hingga 4 Hz. Gelombang ini umumnya muncul ketika individu berada dalam tahap tidur yang sangat dalam. Selain itu, sinyal delta juga dapat mengindikasikan adanya gangguan atau kelainan pada struktur otak.
- Gelombang *Theta* berada dalam rentang frekuensi 4–8 Hz. Aktivitas theta biasanya terlihat pada individu yang sedang mengalami tekanan emosional, seperti stres berat atau kekecewaan mendalam.
- Gelombang *Alpha* memiliki frekuensi antara 8–13 Hz dan muncul ketika seseorang dalam kondisi tenang dan rileks. Gelombang ini sering terekam di area korteks frontal dan oksipital.
- Gelombang *Beta* berada dalam kisaran 13–30 Hz, dan muncul ketika seseorang sedang melakukan aktivitas berpikir intens, konsentrasi tinggi, atau sedang menyelesaikan masalah. Gelombang beta sendiri terbagi menjadi dua jenis, yaitu *Low Beta* (13–20 Hz) dan *High Beta* (20–30 Hz).
- Gelombang *Gamma* merupakan gelombang dengan frekuensi lebih dari 30 Hz. Aktivitas gamma terjadi pada kondisi mental yang sangat aktif, termasuk saat mengalami kepanikan, ketakutan ekstrem, atau dalam kondisi sadar penuh dengan beban kognitif tinggi.

E. Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan metode matematis yang digunakan untuk mengonversi sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Transformasi ini memungkinkan identifikasi komponen frekuensi dalam sinyal EEG dengan efisien. FFT merupakan implementasi cepat dari *Discrete Fourier Transform (DFT)*, yang secara umum dijelaskan melalui rumus eksponensial kompleks.

Melalui proses FFT, karakteristik sinyal EEG dapat dianalisis untuk mengetahui dominasi frekuensi tertentu misalnya, apakah sinyal cenderung berada dalam spektrum gelombang *delta* atau *gamma* yang berkaitan dengan kondisi mental atau respons emosional seseorang. Transformasi Fourier secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

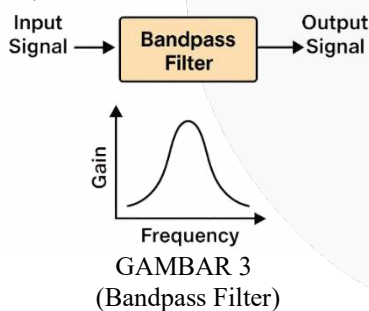
Berdasarkan bentuk integral pada transformasi Fourier, dapat disimpulkan bahwa FFT dapat dimanfaatkan untuk menentukan nilai frekuensi, amplitudo, dan fase dari suatu sinyal gelombang. Dalam sistem digital, proses perhitungan spektrum frekuensi sinyal dilakukan melalui algoritma *Discrete Fourier Transform* (DFT), yang berfungsi untuk mengkonversi sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Adapun rumus dari DFT dituliskan sebagai berikut:

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{x=N-1} f(x) \exp[-j2\pi ux/N] \quad (2)$$

$$F(u) = \frac{1}{N} f(x) \left(\cos\left(\frac{2\pi ux}{N}\right) - j \sin\left(\frac{2\pi ux}{N}\right) \right) \quad (3)$$

F. Filter Bandpass

Bandpass Filter (BPF) merupakan jenis filter yang berfungsi untuk menyaring sinyal agar hanya melewati komponen dalam rentang frekuensi tertentu dan mengeliminasi frekuensi di luar batas tersebut. BPF memiliki dua batas penting: *cut-off bawah* dan *cut-off atas*. Dalam konteks eksperimen EEG ini, filter dirancang untuk bekerja pada rentang 0,5–60 Hz, dengan tujuan menghapus noise dari gelombang yang tidak relevan, seperti artefak frekuensi sangat rendah (gerakan tubuh) atau sangat tinggi (gangguan elektromagnetik).



G. Muse

Muse merupakan salah satu perangkat EEG modern yang banyak digunakan dalam penelitian neuropsikologi. Headband ini dilengkapi dengan sensor yang mampu merekam aktivitas listrik otak secara real-time dengan tingkat keakuratan yang memadai. Muse banyak diaplikasikan dalam riset kognitif, pelatihan meditasi, serta deteksi kondisi emosional. Dalam eksperimen ini, Muse Gen 2 digunakan untuk mencatat sinyal EEG pada empat titik utama (AF7, AF8, TP9, TP10), yang mewakili area frontal dan temporal.



GAMBAR 4
(Muse EEG Headband)

H. Mind Monitor

Mind Monitor adalah aplikasi pendukung Muse yang berfungsi untuk merekam, menampilkan, dan menyimpan aktivitas sinyal EEG secara langsung. Aplikasi ini menyajikan data EEG dalam bentuk visualisasi dari lima kategori gelombang utama: *delta*, *theta*, *alpha*, *beta*, dan *gamma*, masing-masing dengan nilai intensitas dalam satuan desibel (dB). Selain memantau secara real-time, Mind Monitor juga menyimpan data EEG dalam format CSV, sehingga dapat digunakan untuk proses analisis lanjutan di software seperti MATLAB dan EDF Browser.



GAMBAR 5
(Mind Monitor)

I. Supabase

Supabase adalah platform *open-source* berbasis PostgreSQL yang berfungsi sebagai Backend as a Service (BaaS). Layanan ini menjadi alternatif dari Firebase dan menyediakan fitur seperti autentikasi pengguna, penyimpanan data, serta interaksi real-time dengan basis data. Dalam penelitian ini, Supabase dimanfaatkan sebagai backend dari aplikasi EEG Analyzer, yang menyimpan biodata partisipan dan mengelola sesi login. Keunggulan utama Supabase adalah kemudahan integrasinya dengan aplikasi berbasis Flutter dan kemampuannya menangani sinkronisasi data secara efisien.



GAMBAR 6
(Logo Supabase)

III. METODE

A. Spesifikasi Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri dari dua komponen inti. Komponen pertama adalah aplikasi desktop yang berjalan pada sistem operasi Windows, berfungsi sebagai alat penyaji stimulus visual dalam bentuk video serta pencatat biodata partisipan. Komponen kedua adalah modul klasifikasi sinyal EEG yang bertugas melakukan transformasi sinyal otak dari bentuk satu dimensi menjadi dua dimensi menggunakan MATLAB. Analisis difokuskan pada dua jenis gelombang: *delta* (0,5–4 Hz) yang diasosiasikan dengan kondisi relaksasi dan *gamma* (>30 Hz) yang berhubungan dengan konsentrasi tinggi.

TABEL 1
(Spesifikasi Kebutuhan Sistem)

No	Sistem	Rincian
1	Aplikasi windows berisi stimulus video	Aplikasi harus mampu menampilkan stimulus berupa video yang dirancang untuk meningkatkan respons emosional pengguna. Selain itu, aplikasi juga harus dapat menyimpan dan menampilkan biodata responden secara lengkap.
2	Klasifikasi sinyal EEG.	Sistem ini mengubah sinyal satu dimensi menjadi dua dimensi untuk keperluan klasifikasi menggunakan MATLAB. Proses klasifikasi bertujuan membedakan sinyal berdasarkan frekuensi ke dalam kategori gelombang <i>delta</i> (0,5–4 Hz) dan <i>gamma</i> (>30 Hz). Transformasi ini memungkinkan sistem mengidentifikasi aktivitas otak berdasarkan rentang frekuensi yang sesuai secara lebih akurat.

B. Desain Sistem

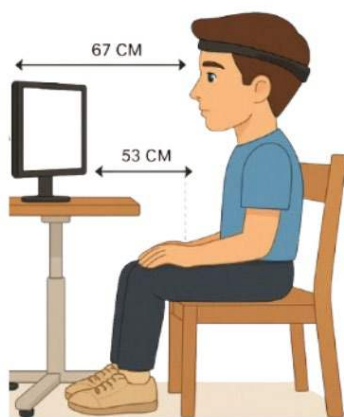
Tahapan eksperimen disusun secara sistematis, dimulai dari kegiatan Focus Group Discussion (FGD), seleksi dan persiapan partisipan, hingga proses analisis sinyal EEG.

1. Tahap Akuisisi Data:

- Seleksi partisipan dilakukan dengan bantuan tim psikolog Universitas Telkom dan Universitas Islam Bandung.
- Setelah menyetujui informed consent, partisipan mengisi kuesioner pra-eksperimen.
- Sinyal EEG direkam menggunakan perangkat Muse Gen 2 selama pemutaran video stimulus.
- Data EEG disimpan dalam format CSV melalui aplikasi Mind Monitor.

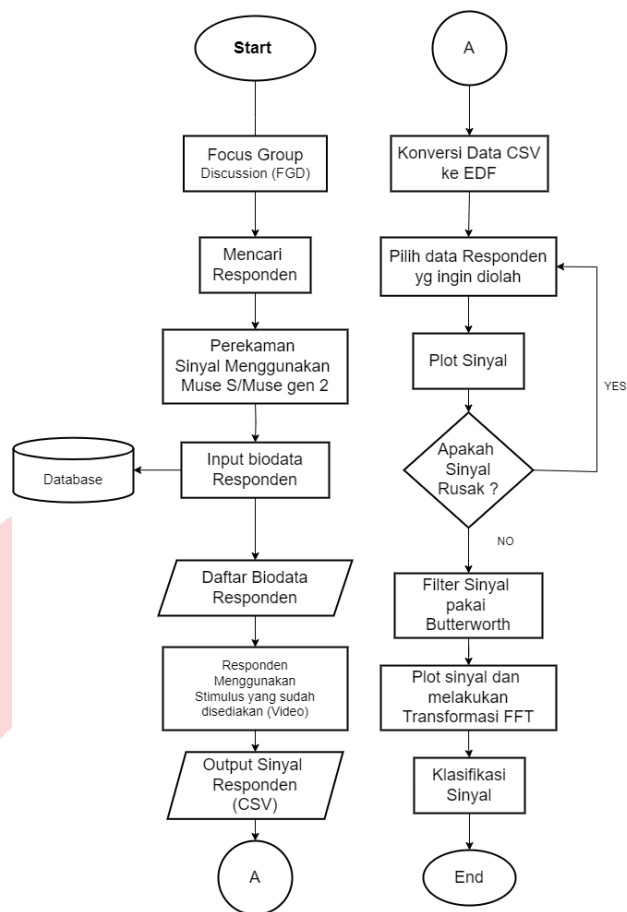
2. Tahap Pengolahan Data:

- Berkas CSV dikonversi menjadi format EDF untuk kompatibilitas analisis.
- Visualisasi awal dilakukan melalui EDF Browser untuk deteksi artefak.
- Sinyal difilter menggunakan Bandpass Butterworth Filter (orde ke-4, 0.5–60 Hz).
- Sinyal bersih diproses melalui FFT di MATLAB, menghasilkan spektrum frekuensi dominan



GAMBAR 7

(Ilustrasi Proses Perekaman Sinyal EEG Dengan Stimulus Video.)



GAMBAR 8

(Flowchart Sistem Stimulasi Dan Analisis Sinyal Eeg Dalam Eksperimen Neuropsikologi Berbasis Video)

C. Metode Pengukuran yang Sesuai

Pengukuran sistem dengan menggunakan aplikasi EEG Analyzer dilakukan dengan fokus pada dua fungsi utama: pemutaran stimulus video dan pencatatan data identitas responden.

- Rincian fungsi: Aplikasi EEG Analyzer dirancang agar mampu menayangkan video stimulus secara optimal serta menyimpan biodata responden secara otomatis.
- Prosedur pengujian: Evaluasi dilakukan untuk menilai sejauh mana aplikasi dapat menampilkan video stimulus dengan baik dan menyimpan data pengguna ke basis data Supabase secara sinkron.
- Mekanisme pengukuran: Stimulus video dimasukkan ke dalam sistem, kemudian dilakukan serangkaian uji coba untuk memverifikasi kualitas tampilan video serta keberhasilan penyimpanan data ke database.

Adapun prosedur dan mekanisme yang digunakan untuk pengukuran serta analisis klasifikasi sinyal EEG dijabarkan secara lebih terperinci dalam Tabel 2.

TABEL 2
(Klasifikasi dan Analisis Sinyal EEG)

Keterangan	Klasifikasi dan Analisis Sinyal EEG
Rincian	Sistem yang digunakan melakukan pengklasifikasian sinyal adalah MATLAB dengan pendekatan analisis multi-domain. Proses mencakup perataan sinyal, <i>filtering</i> , segmentasi berdasarkan waktu, serta ekstraksi fitur frekuensi menggunakan FFT.
Prosedur Pengukuran	Menguji <i>dataset</i> dengan memasukkan <i>dataset</i> sinyal EEG dari aplikasi Mind Monitor ke dalam aplikasi Matlab untuk melakukan proses perataan sinyal, <i>filtering</i> , segmentasi berdasarkan waktu, serta ekstraksi fitur frekuensi menggunakan FFT.
Mekanisme Pengukuran	Melakukan proses pengambilan data menggunakan Mind Monitor untuk mendapatkan <i>dataset</i> sinyal EEG. Memasukkan <i>dataset</i> EEG ke dalam aplikasi matlab untuk dilakukan proses perataan sinyal, <i>filtering</i> , segmentasi berdasarkan waktu, serta ekstraksi fitur frekuensi menggunakan FFT. Plot <i>dataset</i> setelah melalui proses kedua. Setelah melalui proses FFT, hasil observasi <i>dataset</i> akan dianalisis untuk menentukan apakah karakteristiknya dominan pada rentang frekuensi gelombang <i>delta</i> atau <i>gamma</i> .

Tiga perangkat lunak utama digunakan dalam proses pengolahan sinyal EEG, yakni EDF Browser, EEGLAB, dan MATLAB, masing-masing memiliki peran spesifik dalam alur analisis data EEG.

- EDF Browser digunakan untuk membuka serta meninjau data EEG mentah dengan ekstensi .edf. EDF Browser memfasilitasi visualisasi awal, pemangkasan bagian sinyal tertentu, dan konversi data ke format lain. Aplikasinya ringan serta kompatibel dengan berbagai jenis perangkat EEG modern, menjadikannya alat awal yang ideal untuk eksplorasi data.
- EEGLAB Merupakan toolbox berbasis MATLAB yang digunakan untuk tahap pre-processing sinyal EEG, termasuk proses *filtering*, segmentasi, dan penghapusan artefak menggunakan metode Independent Component Analysis (ICA). EEGLAB dikenal luas karena fleksibilitasnya serta ketersediaan plugin yang kaya. Dalam eksperimen ini, EEGLAB digunakan untuk membersihkan sinyal dari artefak dan gangguan eksternal.
- MATLAB digunakan pada tahap lanjutan pengolahan sinyal EEG setelah proses pembersihan. Di dalamnya, sinyal EEG difilter menggunakan Butterworth Bandpass Filter dan dianalisis dalam domain waktu serta frekuensi menggunakan metode seperti Fast Fourier Transform (FFT) dan Short-Time Fourier Transform (STFT). MATLAB menjadi pilihan utama karena kemampuan komputasi numeriknya yang tinggi dan fleksibilitas dalam pengembangan algoritma

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Umum Implementasi

Sistem ini dikembangkan untuk memfasilitasi proses pengumpulan data partisipan dalam eksperimen neuropsikologi berbasis video, melalui perancangan aplikasi

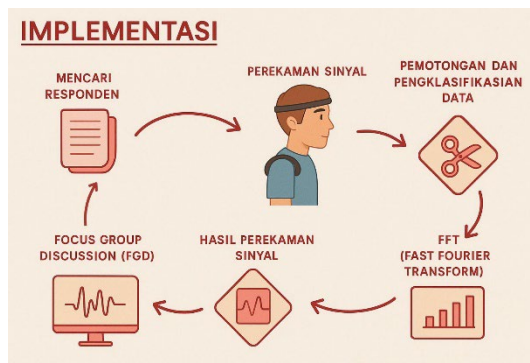
desktop yang berjalan pada platform Windows. Aplikasi dirancang dengan antarmuka yang sederhana, interaktif, dan responsif, sehingga dapat digunakan dengan mudah oleh pengguna. Tahapan implementasi mencakup perencanaan kebutuhan perangkat dan perangkat lunak, pengkodean aplikasi, uji fungsionalitas, serta tahap penyebaran (deployment) akhir.

Pada proses awal, aplikasi dibangun menggunakan framework Flutter, dengan dua fungsi utama: menampilkan stimulus video dan mencatat biodata responden. Penyimpanan data dilakukan secara online dengan integrasi ke sistem backend Supabase, sedangkan video stimulus diputar secara offline untuk memastikan stabilitas performa meskipun dalam kondisi jaringan yang terbatas. Pengguna diminta mengisi informasi seperti nama, institusi, dan detail lainnya sebelum eksperimen dimulai. Setelah aplikasi selesai dikembangkan, dilakukan pengujian untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai dengan harapan, terutama pada aspek penyimpanan data dan pemutaran video. Sebagai tambahan, aplikasi juga dilengkapi fitur konversi file EEG dari format CSV ke EDF (European Data Format), yang mendukung proses analisis lanjutan menggunakan perangkat lunak di luar aplikasi. Hasil akhir dari proses ini adalah sebuah aplikasi berbasis Windows yang mampu menangani proses eksperimen neuropsikologis dengan mendukung input data responden, penyajian stimulus visual, serta ekspor data EEG untuk analisis lebih lanjut.

B. Detail Implementasi

Agar sistem stimulasi serta analisis sinyal EEG berbasis video dapat berfungsi secara maksimal, proses implementasi dilakukan dengan pendekatan yang terstruktur dan menyeluruh, sebagaimana digambarkan pada Gambar 9: Detail Implementasi. Pengembangan sistem ini mencakup integrasi perangkat EEG Muse Gen 2 untuk merekam aktivitas otak, pemrograman aplikasi menggunakan framework Flutter guna mendukung kompatibilitas lintas platform, dan penggunaan Supabase sebagai solusi autentikasi sekaligus penyimpanan data partisipan secara terpusat. Seluruh elemen sistem dirancang secara modular untuk memudahkan dalam proses debugging, pengujian fungsional, serta pengembangan di masa mendatang. Stimulus yang digunakan dalam eksperimen berupa tayangan video, bertujuan menjaga konsentrasi partisipan selama sesi perekaman berlangsung.

Supabase digunakan sebagai sistem backend untuk pengelolaan data pengguna secara aman dan real-time, sedangkan proses konversi data EEG dari format CSV ke EDF ditangani oleh middleware berbasis Flask. Data EEG dalam format EDF kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan MATLAB, khususnya untuk proses visualisasi sinyal serta eksplorasi spektrum frekuensi. Pendekatan ini memastikan pengelolaan data yang efisien dan mendukung penerapan ulang sistem secara konsisten pada eksperimen serupa.

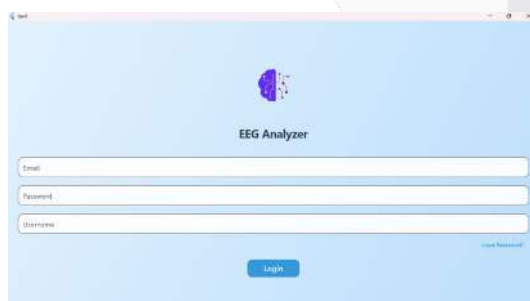


GAMBAR 9
(Detil Implementasi)

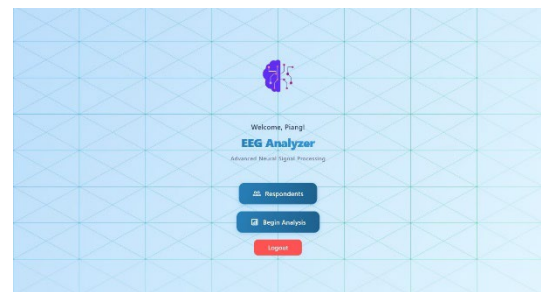
C. Aplikasi EEG Analyzer

Aplikasi EEG Analyzer dirancang untuk menampilkan stimulus visual dalam bentuk video kepada partisipan selama sesi pengumpulan data berlangsung. Selain itu, aplikasi ini dilengkapi dengan fitur pencatatan biodata partisipan, yang meliputi informasi seperti nama lengkap, NIM, kelas, institusi asal, serta tanggal pelaksanaan eksperimen. Fungsi utama dari aplikasi ini terbatas pada penyajian stimulus dan pencatatan data identitas partisipan, tanpa mencakup proses perekaman atau analisis sinyal EEG secara langsung. Interaksi pengguna dimulai dengan halaman login (lihat Gambar 10). Setelah login berhasil, pengguna diarahkan ke beranda aplikasi (Home Page) yang berfungsi sebagai pusat navigasi dari seluruh fitur sistem (Gambar 11).

Sebelum menjalankan eksperimen, pengguna diwajibkan mengisi formulir berisi biodata dasar. Selain itu, tersedia halaman Standard Operating Procedure (SOP) yang menjelaskan prosedur pelaksanaan eksperimen, termasuk persiapan alat, persiapan subjek, serta langkah-langkah pelaksanaan secara sistematis. Halaman data responden menampilkan informasi partisipan yang telah disamarkan untuk menjaga privasi dan kerahasiaan. Untuk pemutaran stimulus, aplikasi menyediakan modul video player dengan desain minimalis, yang dilengkapi kontrol fungsional seperti tombol play/pause dan pengaturan volume. Fitur tambahan dalam aplikasi ini adalah konversi file data EEG dari format CSV ke EDF, disertai dengan elemen antarmuka seperti tombol pemilihan file input, menu dropdown untuk format output, serta kolom untuk konfigurasi parameter konversi.



GAMBAR 10
(Login Page EEG Analyzer)



GAMBAR 11
(Home Page EEG Analyzer)

D. Eksperimen

Eksperimen ini dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan data aktivitas otak melalui stimulus visual dalam bentuk video yang ditampilkan oleh aplikasi EEG Analyzer, dengan menggunakan perangkat Muse Gen 2 sebagai alat perekam sinyal EEG. Pelaksanaan eksperimen melibatkan kerja sama dengan tim psikolog dari Universitas Telkom yang berperan dalam seleksi partisipan, guna memastikan hanya individu yang tidak memiliki riwayat gangguan kesehatan mental yang dilibatkan, sehingga kualitas data tetap terjaga. Tim dari Universitas Islam Bandung turut ambil bagian dalam proses pelaksanaan eksperimen serta wawancara kepada responden. Eksperimen dilaksanakan selama dua hari, yaitu pada Rabu dan Kamis, 21–22 Mei 2025, dengan jumlah maksimum lima partisipan per hari, dan durasi setiap sesi sekitar 10 menit.

Ruang tunggu eksperimen berlokasi di TULT lantai 3 ruang 03.04, tempat partisipan menerima penjelasan, menandatangani informed consent, serta mengisi kuesioner pra-eksperimen. Sesi eksperimen dilakukan di ruang 03.02, yang telah disiapkan dengan fasilitas lengkap, terdiri dari 5 unit Muse Gen 2, 5 laptop, 10 webcam, 5 earphone, dan 5 tablet. Setiap responden menempati meja masing-masing dengan perlengkapan lengkap. Selama sesi berlangsung, ekspresi wajah serta perilaku visual partisipan direkam menggunakan webcam. Setelah eksperimen selesai, partisipan kembali ke ruang tunggu untuk diwawancarai oleh tim psikolog dari UNISBA dan diminta mengisi kuesioner post-eksperimen sebagai bagian dari evaluasi lanjutan.



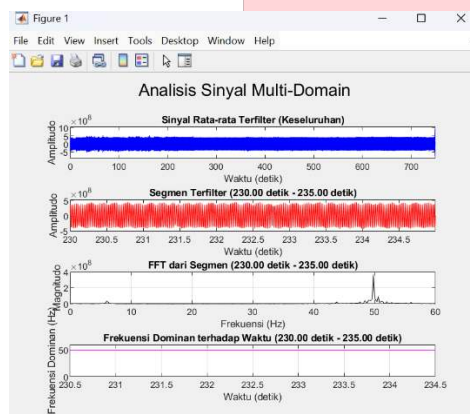
GAMBAR 12
(Situasi Ruang Eksperimen)

E. Eksperimen

Mind Monitor merupakan sistem pemantauan sinyal otak yang bekerja secara waktu nyata (real-time), dirancang untuk merekam dan menampilkan aktivitas gelombang otak. Aplikasi ini mendeteksi lima jenis gelombang utama—Delta, Theta, Alpha, Beta, dan Gamma—dengan intensitas masing-masing ditunjukkan dalam satuan desibel (dB). Setelah proses perekaman selesai, sinyal EEG disimpan dalam format

CSV dan dikonversi ke EDF (European Data Format) agar dapat divisualisasikan lebih lanjut menggunakan EDF Browser. Dalam EDF Browser, sinyal EEG difilter menggunakan Bandpass Butterworth Filter orde ke-4 yang disesuaikan pada rentang 0,5 hingga 60 Hz, bertujuan untuk mengeliminasi frekuensi yang tidak berkaitan dengan aktivitas otak utama. Tampilan sinyal dapat diatur menggunakan mode Whole Recording dan Fit to Pane, yang memungkinkan pengguna meninjau data secara menyeluruh sekaligus memperbesar bagian tertentu untuk analisis lebih detail.

Sinyal EEG yang telah difilter kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan teknik Independent Component Analysis (ICA) untuk memisahkan sumber sinyal dan menghilangkan artefak. Hasilnya divisualisasikan dalam bentuk peta topografi kepala, yang menunjukkan distribusi spasial aktivitas listrik di permukaan otak. Sistem ini juga mendukung analisis sinyal dalam berbagai domain: termasuk tampilan rata-rata sinyal setelah difilter, segmen sinyal pada rentang waktu spesifik, serta spektrum frekuensi hasil transformasi FFT.



GAMBAR 13
(Plot Sinyal Setelah FFT)

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian serta analisis yang telah dilakukan terhadap respons sinyal otak mahasiswa saat diberikan stimulus dalam bentuk video, dapat disimpulkan bahwa aplikasi EEG Analyzer yang dikembangkan pada platform Windows mampu menggabungkan fungsi pemutaran video stimulus dan pencatatan biodata partisipan secara efektif. Penilaian dari sisi usability yang diperoleh melalui kuesioner menunjukkan bahwa aplikasi ini memiliki performa yang baik dan stabil, baik dari aspek teknis maupun tingkat kepuasan pengguna. Pengolahan sinyal EEG dalam penelitian ini menggunakan filter Butterworth dan transformasi Fast Fourier Transform (FFT) melalui MATLAB. Proses ini memungkinkan konversi data sinyal dari satu dimensi menjadi bentuk dua dimensi, sehingga memudahkan identifikasi perbedaan spektrum frekuensi otak secara lebih rinci. Hasil tersebut mendukung teori-teori yang telah dijabarkan sebelumnya dalam tinjauan literatur.

Secara eksperimental, ditemukan bahwa dominasi gelombang otak—khususnya gelombang gamma dan delta—berkorelasi dengan variasi kondisi psikologis, seperti fokus, kewaspadaan, dan relaksasi.

Temuan ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa kondisi mental seseorang dapat tercermin melalui aktivitas otaknya. Dengan demikian, penggunaan stimulus visual dalam bentuk video terbukti mampu memicu respons otak yang terdeteksi melalui sinyal EEG, dan sistem yang dikembangkan mampu merekam perbedaan kondisi mental antar partisipan secara komprehensif.

REFERENSI

- [1] A. Fauzi, A. Ramadhanti, and S. Aadila Rahma Putri, "Prosiding Seminar Nasional Dampak Mental Health Terhadap Kepercayaan Diri Remaja," 2024.
- [2] E. Zulfa, H. Amir, and R. Ginting, "Analisis Korelasi Kesehatan Mental dan Indeks Prestasi Mahasiswa Jurusan Administrasi Niaga Politeknik Negeri Jakarta Dengan Kombinasi Metode XGBOOST dan SHAP," *Jurnal Administrasi Profesional*, vol. 05, no. 01, 2024.
- [3] Z. Ahmed, A. Wali, S. Shahid, S. Zikria, J. Rasheed, and T. Asuroglu, "Psychiatric disorders from EEG signals through deep learning models," *IBRO Neurosci Rep*, vol. 17, pp. 300–310, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.ibneur.2024.09.003.
- [4] J. J. Ki, L. C. Parra, and J. P. Dmochowski, "Visually evoked responses are enhanced when engaging in a video game," *European Journal of Neuroscience*, vol. 52, no. 12, pp. 4695–4708, Dec. 2020, doi: 10.1111/ejn.14924.
- [5] K. Eroğlu, T. Kayıkçıoğlu, and O. Osman, "Effect of brightness of visual stimuli on EEG signals," *Behavioural Brain Research*, vol. 382, p. 112486, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.BBR.2020.112486.
- [6] K. Maryam Qarinah Rabbani, S. Andi Palloge, H. Fransiskus Susanto, N. Isra, and I. Santy, "Karakteristik dan Faktor Risiko Pasien Gangguan Kecemasan Tahun 2022," Mar. 2024.
- [7] F. Muhammad and S. Al-Ahmadi, "Human state anxiety classification framework using EEG signals in response to exposure therapy," *PLoS One*, vol. 17, no. 3 March, Mar. 2022, doi: 10.1371/journal.pone.0265679.
- [8] T. F. Wahidayati and I. Wibawanti, "Pengaruh Prokrastinasi Akademik Dan Dukungan Sosial Keluarga Terhadap Stres Siswa Kelas XII MIPA", doi: 10.37817/ikraith-humaniora.v9i2.
- [9] P. Galina, K. Gladun, and I. Alexey, "The EEG Analysis of Auditory Emotional Stimuli Perception in TBI Patients with Different SCG Score," *Open Journal of Modern Neurosurgery*, vol. 04, no. 02, pp. 81–96, 2014, doi: 10.4236/ojmn.2014.42017.
- [10] Suci Salsabila Oktaviani, Sangita Merliana Putri, and Sri Mulyeni, "Pentingnya Menjaga Kesehatan Mental bagi Mahasiswa untuk Mencegah Stigma Bunuh Diri," *Corona: Jurnal Ilmu Kesehatan Umum, Psikolog, Keperawatan dan Kebidanan*, vol. 3, no. 1, pp. 41–53, Jan. 2025, doi: 10.61132/corona.v3i1.1005.
- [11] World Health Organization, "Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals," 2024.
- [12] M. Gazzaniga, R. Ivry, and G. Mangun, *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind, Second Edition*. 2009.
- [13] D. Ayu Retnowulan, B. Konseling, F. Ilmu Pendidikan, universitas Negeri Surabaya, and H. W. Warsito, "Penerapan Strategi Pengelolaan Diri (Self Management)

Untuk Mengurangi Kenakalan Remaja Korban Broken Home.”

[14] R. Ningsih, “Pengaruh Kontrol Diri terhadap Perilaku Disiplin Remaja,” *Jurnal Psikoedukasi dan Konseling*, vol. 2, no. 2, p. 48, Dec. 2018, doi: 10.20961/jpk.v2i2.15820.

[15] S. G. Hofmann, A. Asnaani, I. J. J. Vonk, A. T. Sawyer, and A. Fang, “The efficacy of cognitive behavioral therapy: A review of meta-analyses,” 2012, *Springer New York LLC*. doi: 10.1007/s10608-012-9476-1.

[16] D. Dong, L. K. F. Wong, and Z. Luo, “Assessment of Prospective Memory using fNIRS in Immersive Virtual Reality Environment,” *J Behav Brain Sci*, vol. 07, no. 06, pp. 247–258, 2017, doi: 10.4236/jbbs.2017.76018.

[17] J. B. Konseling, F. Anwar, and P. Julia, “Analisis Strategi Pembinaan Kesehatan Mental Oleh Guru Pengasuh Sekolah Berasrama Di Aceh Besar Pada Masa Pandemi,” vol. 7, no. 1, p. 2021, 2021, doi: 10.22373/je.v6i2.10905.

[18] J. Pengabdian *et al.*, “Peningkatan Pengetahuan Tentang Gangguan Kesehatan Mental Pada Remaja,” 2022.

[19] P. Tawheed, J. Mollick, N. Sakib, and M. K. Islam, “Development of a Low-cost PC-based Single-channel EEG Acquisition System for Educational and Research Purpose,” in *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference, R10-HTC*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: 10.1109/R10-HTC53172.2021.9641637.

[20] B. Pan and W. Zheng, “Emotion Recognition Based on EEG Using Generative Adversarial Nets and Convolutional Neural Network,” *Comput Math Methods Med*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/2520394.

[21] O. Kocak, Z. Telatar, and C. Ficici, “Identification and Interpretation of Focal Center of Brain Activity from EEG Signal Recordings,” in *2025 7th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (ICHORA)*, IEEE, May 2025, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICHORA65333.2025.11017230.

[22] M. Wulandari Kai *et al.*, “BUKU AJAR ANATOMI FISIOLOGI.”

[23] I. F. Rahmad and M. Zarlis, “Human Brain Wave Concentration Pattern Prediction Design Concept,” in *2022 4th International Conference on Cybernetics and Intelligent System, ICORIS 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/ICORIS56080.2022.10031530.

[24] D. T. Kusuma, “Fast Fourier Transform (FFT) Dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik,” *PETIR*, vol. 14, no. 1, pp. 28–35, Oct. 2020, doi: 10.33322/petir.v14i1.1022.

[25] A. Muliadi and K. Muttaqin, “Filtering Sinyal Menggunakan Bandpass Filter,” *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer (J-ICOM)*, vol. 2, no. 1, pp. 12–16, Apr. 2021, doi: 10.55377/j-icom.v2i1.3151.

[26] S. Y. Ji, S. Y. Kang, and H. J. Jun, “Deep-learning-based stress-ratio prediction model using virtual reality with electroencephalography data,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 17, Sep. 2020, doi: 10.3390/SU12176716.

[27] A. Valerian Romero and R. Fahrudin, “Membangun Marketplace Untuk Penjualan Produk Kreatif Mahasiswa Berbasis Mobile Menggunakan Metode FDD,” 2023.